Opusc. Zool. Budapest, XIV, 1–2, 1977

Beobachtungen über die Trockenheitstoleranz von Fridericia galba (Oligochaeta, Enchytraeidae)

Von

K. DÓZSA-FARKAS*

Obwohl sich Enchytraeiden unter äusserst verschiedenen ökologischen Bedingungen in den verschiedensten Biotopen nachweisen lassen, sind ihre Lebensbedingungen in erster Linie von den Feuchtigkeitsverhältnissen des Bodens bedingt. Wie im allgemeinen beobachtet werden konnte, fehlen sie in leicht austrocknenden Böden, oder ihre Zahl ist hier nur sehr gering. Von den abiotischen Faktoren steht bezüglich des Mengenwechsels der Populationen die Feuchtigkeit an erster Stelle. Anhand von populationsdynamischen Untersuchungen erforschten bereits mehrere Autoren die zwischen der Bodenfeuchtigkeit und der Abundanz der Enchytraeiden bestehenden Zusammenhänge (ABRAHAMSEN, 1972; DÓZSA–FARKAS, 1973; KURT, 1961; NURMINEN, 1967; NIELSEN, 1955 *a, b*; MÖLLER, 1969; O'CONNOR, 1957). NIELSEN konnte in seinen eingehenden Freilandsuntersuchungen nachweisen, dass bei einem Absinken der Bodenfeuchtigkeit auf pF 4 die Enchytraeiden-Populationen eingehen, insbesondere dann wenn diese Verhältnisse lange andauern. Kürzere Trockenperioden werden von Kokons überstanden, so dass sich die Populationen in kürzerer Zeit wieder ersetzen können.

Aus der einschlägigen Literatur geht hervor, dass unter ungünstigen Verhältnissen, insbesondere bei Trockenheit die Enchytraeiden nicht einzelne Eier, sondern Kokons erzeugen, die wiederstandsfähiger sind (JEGEN, 1920; STÖCKLI, 1957).

Demgegenüber beobachtete TRAPPMANN (1952) bei seinen Versuchen mit *Enchytraeus buchholzi* im Labor, dass die Kokons dieser Art bei Trockenheit nach kurzer Zeit eingehen.

NIELSEN fand die Enchytraeiden unter Werten von pF 3 noch aktiv (1955 *b*), ABRAHAMSEN (1957) konnte bei Wasserkapazitätswerten (WHC) von 10–30% positive Korrelation zwischen der Abundanz von *Cognettia sphagnetorum* und der Bodenfeuchtigkeit nachweisen.

Unter Laboratoriumsverhältnissen wurde der Einfluss von Temperatur und Feuchtigkeit auf die Zucht von Enchytraeiden-Populationen untersucht.

* Frau *Abaffy, Dr. Klára Dózsa-Farkas*, ELTE Állatrendszertani és Ökológiai Tanszék (Institut für Tiersystematik und Ökologie der Loránd-Eötvös-Universität), Budapest, VIII. Puskin u. 3.

IVLEVA (1953) beobachtete dies an *Enchytraeus albidus*, TRAPPMANN (1952) an *E. bucholzi* und ABRAHAMSEN (1971) an *Cognettia sphagnetorum*. Über die Trockenheitsresistenz von *Fridericia galba* soll im nachstehenden anhand meiner Laborversuche berichtet werden.

Untersuchungsmaterial und Methode

Die Versuche wurden mit der in Ungarn, aber auch in ganz Europa weitverbreiteten Art, *Fridericia galba* (HOFFMEISTER, 1843) durchgeführt. Der zu den Versuchen herangezogene Boden stammt von einem schwach podsolierten braunen Waldboden eines Quercetum-petraeae-cerris-Bestandes. Es wurde die obere 3–4 cm dicke Bodenschicht ausgestochen, von sämtlichen Bodentieren befreit, homogenisiert, durch Siebe von 1–4 mm Maschenweite gesiebt und lufttrocken bis zum Beginn der Versuche aufbewahrt.

Der pF-Wert des Bodens wurde im Institut für Bodenkunde und Agrochemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften bestimmt. Für die Bestimmung der Proben spreche ich Herrn Prof. DR. I. SZABÓ und Frl. K. VÉGH auch

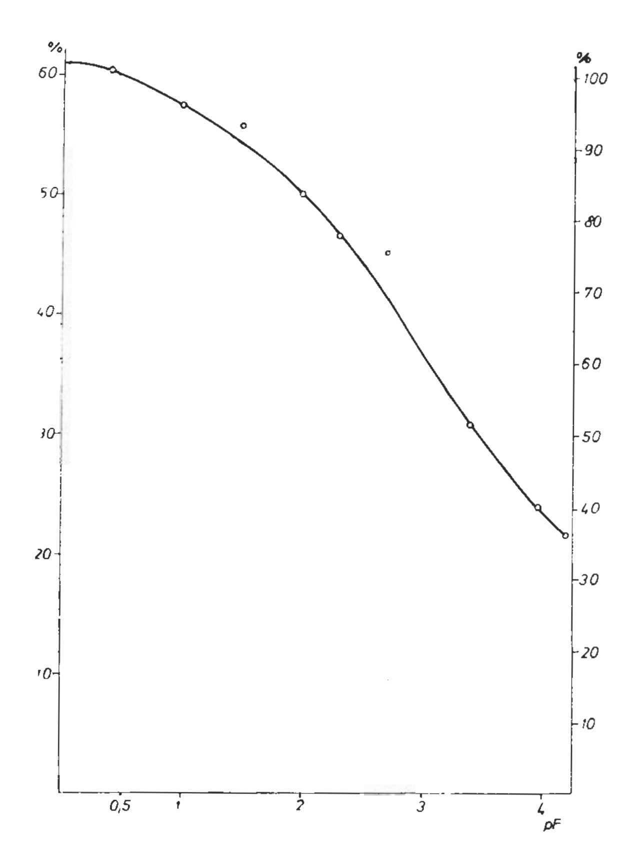


Abb. 1. Zusammenhänge zwischen den pF-Werten und den Bodenfeuchtigkeit – im % des Trockensubstanzvolumens, bzw. in der Wasserkapazität pF 0,5 (WHC) %

an dieser Stelle meinen besten Dank aus. Die den pF-Werten entsprechende prozentuelle Wasserkapazität bezogen auf das prozentuelle Trockensubstanzvolumen wird auf Abb. 1 veranschaulicht.

Die untersuchten Bodenfeuchtigkeitswerte sind (nach der Methode von ABRAHAMSEN, 1971) in Prozent der dem 0,5 pF Wert entsprechender Wasserkapazität (WHC) die folgenden: 5; 10; 15; 20; 40; 60; 75; 95; 150; 170.

In die 200 cm^3 grossen Versuchsgefässe wurde je 100 g Boden (in je 2 Wiederhohlungen) untergebracht und mit Zugabe von Wasser auf die entsprechenden Werte angefeuchtet. In jedes Gefäss wurden 20 Individuen von *Fridericia galba* auf die Bodenoberfläche gelegt. Die Gestaltung des Wassergehaltes wurde durch ständiges Messen kontrolliert, der Wasserverlust durch destilliertes Wasser ersetzt.

Die Versuche wurden zuerst in einem ungeheizten Raum (Temperaturen min. 9 °C — max. 13,5 °C) durchgeführt, später in einem geheizten Labor wiederholt (Temperaturen: min. 17,0 °C – max. 26,0 °C). Das Vorhandensein, bzw. das Eingehen der Tiere wurde zeitweise geprüft.

Untersuchungsergebnisse

Versuche unter niedereren Temperaturverhältnissen (9,0 °C – 13,5 °C)

Die Trockenheitsresistenz der Würmer wird auf Abb. 2 veranschaulicht, wobei von der Zeitdauer abhängend bei verschiedenen Temperaturswerten (ausgedrückt in % der WHC) die lebend gebliebenen Tiere in Prozent angeführt sind. Bei 5, 10, 15% WHC gingen die Tiere in kürzester Zeit ein, bei 5 – 10% Wassergehalt trockneten sie sofort aus. Bei 15% Wassergehalt gingen 50% gleich am ersten Tag ein, die übrigen zogen sich auf den Grund der Gefässe zurück und trockneten am zweiten Tag aus.

Bei 20% WHC können die Tiere ebenfalls nicht lange leben und die Zahl der eingetrockneten Würmer nimmt mit voranschreitender Zeit zu. Trotzdem ist es äusserst interessant, dass bei diesen Werten am 35. Tag noch 50% der Tiere lebten, woraus gefolgert werden kann, dass ihre Toleranz der Trockenheit gegenüber relative hoch ist. Unter diesen ungünstigen Verhältnissen verkürzen sich die Tiere und werden dann immer dünner. Am 49. Tag des Versuches war nur noch 20% der Würmer am Leben. Es ist anzunehmen, dass am 60. Tag alle Tiere zugrunde gegangen wären, doch vom 49. Tag an wurde der Wassergehalt der Versuchsböden auf 60% der WHC eingestellt um festzustellen wie sich die Tiere wieder regenerieren können. Wie beobachtet werden konnte, nahmen sie an Länge wieder zu, doch blieben sie dünner als die unter günstigen Verhältnissen lebenden. Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass unter natürlichen Verhältnissen diejenigen Tiere, die die Trockenperioden überstanden haben, bei entsprechender Feuchtigkeit wieder ihre ursprüngliche Kondition zurückgewinnen können.

Bei 40% WHC finden die Tier günstige Lebensbedingungen, sie ernähren sich, am Ende des Versuches war trotzdem eine 10% Mortalität zu beobachten. Es konnte nicht eindeutig erwiesen werden, dass diese von dem verhältnismässig niedererem Wassergehalt verursacht wird.

Bei höherem Wassergehalt des Bodens, bei WHC 60, 75 und95% fühlten sich die Würmer augenscheinlich wohl, der Darmkanal war voll und sie blieben

bis zum Ende des Versuches in bester Kondition. Es liessen sich keine eingegangenen Tiere nachweisen.

Bei einer Wasserübersättigung des Bodens bei 150 und 170% WHC wurde das Verhalten der Tiere ebenfalls untersucht. Die Enchytraeiden haben sich bei 150% WHC noch gut gefühlt, während der 2 Monate liessen sich keine eingegangenen Tiere nachweisen. Während sich bei 60–95% die Tiere in der Mitte und am Grund der Gefässe aufhielten, waren sie bei 150% WHC nahe der Bodenoberfläche aufzufinden. Dies lässt sich mit dem Mangel an Sauerstoff im Boden erklären. Bei 170% WHC, was einer 0,5 cm hohen Wasserschicht auf den Untersuchungsgefässen entspricht, gingen sämtliche Tiere ein. Den prozentuellen Fortschritt des Absterbens veranschaulicht Abb. 2. Die

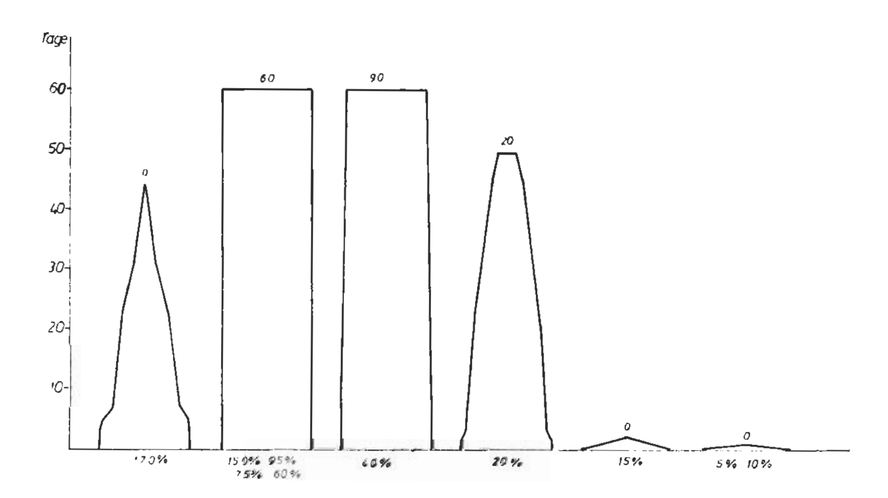


Abb. 2. Prozentuelle Veränderungen der Mortalität während der Dauer des Versuches bei verschiedenen Feuchtigkeitsverhältnissen des Bodens (in % WHC) und bei niedereren Temperaturverhältnissen (9–13,5 °C). Werte unter den Kolumnen zeigen den entsceprechenden Wassergehalt in % WHC, die Zahlen oberhalb der Kolumnen den Prozent der lebend gebliebenen Tiere

Tiere verliessen den Boden und hielten sich an der Wand der Gefässe auf. Das Eingehen der Enchytraeiden wird in erster Linie vom Sauerstoffmangel verursacht, doch auch davon, dass sie sich nicht ernährten. Trotzdem ist es bemerkenswert, dass einige Individuen über ein Monat am Leben blieben, was darauf hindeutet, dass unter natürlichen Verhältnissen bei Überschwemmungen, wenn es nicht zu warm ist und sich die Würmer auf Pflanzen verziehen können, kürzere Wasserüberdeckungen des Bodens überstehen können.

Versuche unter höheren Temperaturverhältnissen (17 °C–26 °C)

Diese Versuche zeigten eindeutig, dass diese Verhältnisse den Lebensbedingungen von *Fridericia galba* nicht entsprechen. Wie auch aus Abb. 3 zu ersehen ist, betrug auch bei den günstigsten Feuchtigkeitsverhältnissen die Mortalität während der Versuchsperiode 10%, obwohl bei 75% und 95% WHC die Kondition der Tiere normal, der Darmkanal der Tiere gefüllt war.

Die ungünstige Auswirkung der Temperatur zeigt sich beim Herabsetzen der Feuchtigkeitsverhältnisse sehr deutlich. So bei 60% WHC betrug die Mortalität bereits 25%, der Darmkanal war bei einem Teil der Tiere bereits leer und auch die Kondition der Würmer geschwächt. Noch deutlicher kam dies bei 40% WHC zum Ausdruck, am Ende des Versuches betrug die Mortalität 50%, die lebenden Tiere ernährten sich nicht, waren verdünnt, zusammengerollt und zeigten nahezu inaktive Stadien.

Bei noch niedereren Feuchtigkeitsverhältnissen, also bei 15% WHC stimmten die Ergebnisse mit denen der niedereren Temperaturen überein, die Würmer trockneten innerhalb zwei Tagan gänzlich aus. Dies stimmt mit den Feststellungen von Abrahamsen (1971) überein, u. zw. spielt die Temperatur bei Werten unter 20% WHC eine geringere Rolle als die Feuchtigkeit.

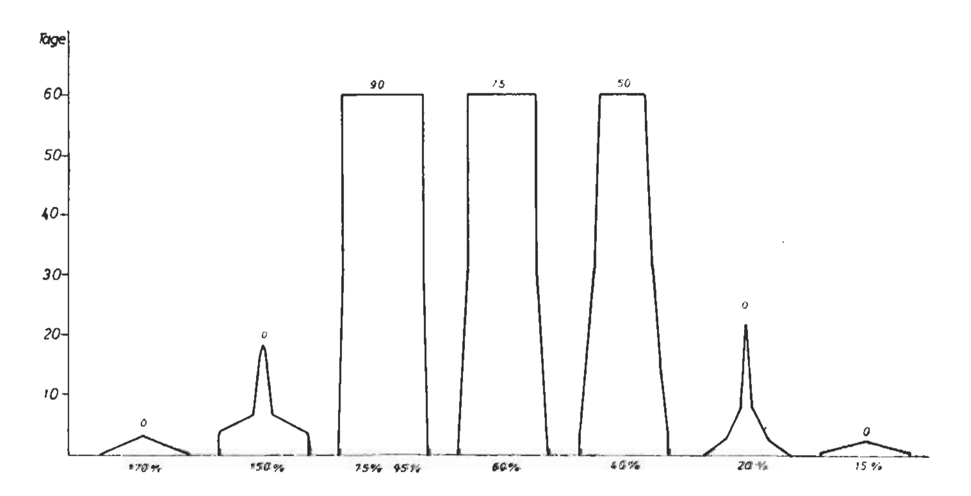


Abb. 3. Prozentuelle Veränderungen der Mortalität während der Dauer des Versuches bei verschiedenen Feuchtigkeitsverhältnissen des Bodens (in % WHC) und bei höheren Temperatursverhältnissen. Werte unter den Kolumnen zeigen den entsprechenden Wassergehalt in % WHC, die Zahlen oberhalb der Kolumnen den Prozent der lebend gebliebenen Tiere

Den negativen Einfluss der höheren Temperatur widerspiegeln kennzeichnend die Versuche von 20% WHC. Wenn wir die entsprechenden Werte der 2. und 3. Abbildungen miteinander vergleichen, so ist zu ersehen, dass in beiden Fällen die Mortalität der Tiere 100% erreicht. Dieser Feuchtigkeitsgehalt ist für die Lebensbedingungen dieser Art nicht ausreichend. Der Zeitpunkt jedoch bei dem die totale Mortalität erreicht wird, ist verschieden. Während bei niedereren Temperaturen das Absterben sukzessiv, und langsam verläuft, selbst nach einem Monat konnten noch lebende Tiere (20%) nachgewiesen werden, wurden bei Temperaturen von 17 – 26 °C am 8. Tag nur 10% der Würmer lebend angetroffen, am 22. Tag starben auch die wiederstandsfähigsten Tiere.

Wenn nun die Wasserübersättigung des Bodens bei diesen Temperaturen untersucht wird, so zeigt sich der ungünstige Einfluss der Temperatur bereits bei 150% WHC. Während bei niedereren Temperaturen innerhalb der 60-tägigen Versuchszeit kein einziges Tier eingegangen war, so waren die Lebensbeding-

ungen bei höheren Temperaturen äusserst beschränkt, am 4. Tag stieg die Mortalität plötzlich an und führte am 18. Tag zum vollkommenen Eingehen der Individuen. Die höheren Temperaturen führten offensichtlich zum Absinken des in Wasser löslichen Sauerstoffes und dies zum Eingehen der Würmer. Es ist eine bekannte Tatsache, dass die Enchytraeiden den im Wasser löslichen Sauerstoff durch Hautatmung werten können. Der intersivere Verbaruch des in Wasser gelösten Sauerstoffes bei höheren Temperaturen lässt es verständlich erscheinen, dass die Tiere bereits am 3. Tag eingingen, während bei niedereren Temperaturen dies erst am 44. Tag erfolgte.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Aus den Ergebnissen geht hervor, dass Werte unter 20% WHC (dies entspricht höheren Werten als pF 4) sämtliche Individuen der Art *Fridericia galba* eingehen. Diese Angaben entsprechen den Beobachtungen von NIELSEN (1955, b), die bei Freilandsuntersuchungen erziehlt wurden und zeigen auch eine gewisse Ähnlichkeit mit den Versuchsergebnissen von ABRAHAMSEN (1971). Interessant ist die Beobachtung, dass bei 40% WHC (entspricht beim Boden 3,9 pF) bei niedereren Temperaturen die Würmer diese Verhältnisse äusserst gut überstehen, selbst bei höheren Temperaturen sank ihre Zahl nach zwei Monaten nur auf die Hälfte. Im Falle von niedereren pF-Werten waren die Feuchtigkeitsverhältnisse für *Fridericia galba* entsprechend.

Eine Wasserübersättigung des Bodens wird bei niedereren Temperaturen von den Tieren gut überstanden, eine Wasserüberdeckung des Bodens (170% WHC) führt hingegen zum vollkommenen Absterben der Individuen.

Die unter niedereren Temperaturen (9 – 13 °C) durchgeführten Untersuchungen entsprechen den durchschnittlichen Temperaturswerten ungarischer Waldbestände, abgesehen von den sommerlichen Maximum- und den winterlichen Minimum-Werten. Die Temperatur-Verhältnisse in Ungarn sichern günstige Lebensbedingungen für *F. galba*. Höhere Temperaturen sind ungünstig (17 – 26 °C), bei höheren pF Werten steigt die prozentuelle Mortalität stark an. Bei einer Wasserübersättigung des Bodens sterben wegen Sauerstoffmangel die Würmer in kürzester Zeit.

Die Temperatursansprüche der Enchytraeiden sind offensichtlich spezifisch, da TRAPPMANN (1952) in seinen Versuchen für *Enchytraeus buchholzi* optimale Entwicklungstemperaturen von 25 – 28 °C feststellen konnte. IVLEVA (1953) stellte für *Enchytraeus albidus* ein Vermehrungsoptimum bei 17 – 18 °C fest. Für *Lumbricillus lineatus* und *E. albidus* fand REYNOLDSON (1943) Temperaturen von 15 – 20 °C ebenfalls am günstigsten.

Wie auch aus diesen Trockenheitstoleranz-Untersuchungen ersichtlich, spielt im Minimum der Enchytraeiden-Populationen ungarischer Waldbestände (DÓZSA-FARKAS 1973) im Herbst, nicht nur die Trockenheit, sondern auch die höheren Temperaturen am Ende des Sommers, Anfang Herbst eine bedeutende Rolle.

SUMMARY

Drought-Resistance Tests by Means of Fridericia galba (Oligochaeta: Enchytraeidae)

The author examined the drought-resistance of a species of Enchytraeidae generally spread in Europe: *Fridericia galba* (HOFFMEISTER 1843) in laboratory experiments. In this paper she gives the pF curve of the experimental soil (taken from the upper 3 – 4 cm. layer of a slightly podsolizing brown forest soil). At a water-holding capacity (WHC) pF 0.5, the examined values of moisture content in per cent of WHC were the following: 5, 10, 15, 20, 40, 60, 75, 95, 150, 170%.

The author also examined the effect of temperature and found that for this species of Enchytraeidae lower temperatures (9 – 13.5° C) were more favourable, and that the unfavourable effect of higher (17 – 20 °C) temperatures appeared to increase with the decrease in humidity content. From the experiments it appeared that below 20% of WHC (which corresponds to values above pF 4/, the vermins perished in a short time, still, at lower temperatures they endured 20% of WHC long enough (20% of them survived after 49 days). The most favourable values of humidity were those of 60 – 95% of WHC. When also examining supersaturaturation with water, the author got the result that in case of 150% of WHC no perishing of the vermins was found at a lower temperature; however, at an identical humidity and higher temperature they perished. 170% of WHC involved the destruction of the vermins in both cases, only in different times.

SCHRIFTTUM

1. ABRAHAMSEN, G. (1971): *The influence of temperature and soil moisture on the population density of Cognettia sphagnetorum (Oligochaeta: Enchytraeidae) in cultures with homogenized raw humus.* – Pedobiologia, 11: 417 – 424.

2. ABRAHAMSEN, G. (1972): *Ecological study of Enchytraeidae (Oligochaeta) in Norwegian coniferou forest soils.* – Pedobiologia, 12: 26 – 82.

3. DÓZSA – FARKAS, K. (1973) *Saisondynamische Untersuchungen des Enchytraeiden-Besatzes im Boden eines ungarischen Quercetum petraeae cerris.* – Pedobiologia, 13: 361 – 367.

4. ИЬЛЕБА И. В. (IVLEVA J. V.). (1953): *Влаиние температуры и блажности на распределение энхитреид (Enchytraeus albidus Henle)* Трудын латббийского Отделения Вппро 1: 205 – 212.

5. JEGEN, G. (1920): *Zur Biologie und Anatomie einiger Enchytraeiden.* – Vierteljahresschrft. Naturfors. Ges. Zürich., 65, 1920, p. 100 – 208.

6. Курт, Л. А. (KURT, L. A. (1961): *Некаторые вопросы экологии почвенных малощетинков ых червей семейства* – Enenytraeidae Zool. (1969) Журн., 11: 1625 – 1632.

7. MÖLLER, F. (1964): *Ökologische Untersuchungen an terricolen Enchytraeidenpopulationen.* – Pedobiologia, 9: 114 – 119.

8. NIELSEN, C. O. (1955): *Studies on Enchytraeidae. 2. Field Studies.* – Natura Jutl., 4: 56.

9. NIELSEN, C. O. (1955): *Studies on Enchytraeidae. 5. Factors causing seasonal fluctuations in numbers.* – Oikos, 6: 153 – 169.

10. NURMINEN, M. (1967): *Ecology of enchytraeids (Oligochaeta) in Finnish coniferous forest soil.* – Ann. Zool. Fenn., 4: 147 – 157.

11. O'CONNOR, F. B. (1957):. *An ecological study of the Enchytraeid worm population of a coniferous forest soil.* – Oikos, 8: 161 – 199.

12. REYNOLDSON, T. B. (1943): *A comporative account of the life cycles of Lumbricillus lineatus Müll. and Enchytraeus albidus Henle in relation to temperature.* – Ann. appl. Biol., 30: 60 – 66.

13. TRAPPMANN, M. (1952): *Beitrag zur Biologie und Ökologie von Enchytraeus buchholzi Vejdovsky* 1879 *(Annelida, Clitellata).* – Diss. TH Braunschweig: 1 – 75.

14. STÖCKLI, A. (1957): *Über das Vorkommen der Enchytraeiden in Wiesen, Weiden, Ackerland und Waldböden der Schweiz.* – Landw. Jb. der Schweiz, IV, 6: 171 – 188.